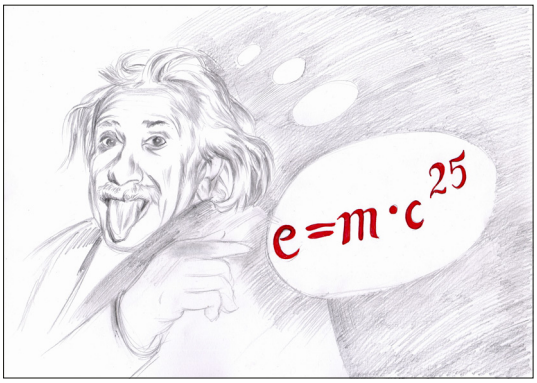
Errata

Astronomie in Theorie und Praxis

4. Auflage



Erik Wischnewski

Sachfehler im Text

Seite 60 Der Hinweis auf den biblischen Beginn der Welt in Zusammenhang mit dem Nullpunkt des J. D. ist zu streichen.

Seite 66 Nach Gleichung (6.6) muss es heißen: $T = 360°/365.2422^{d}$.

Seite 148 2. Spalte, 3. Absatz, 3. Satz muss lauten:
In Meteoriten konnte man zahlreiche Aminosäuren und die in der DNS vorkommenden Nukleinbasen Adenin und Guanin nachweisen.

Seite 170 Beim O-Brennen muss es in den beiden ersten Prozessen ^{32}S und ^{31}S heißen.

Seite 227 Der Absatz zum Pulsar SN1987A ist zu streichen (die genaue Darstellung ist auf Seite 268 zu finden).

Seite 263 Die Erklärung zur Entstehung einer Nova wurde überarbeitet (siehe hinten).

Seite 265 SN 1054 ist vom Typ II.

Seite 375 Rechts unten im grünen Kasten wird auf Gleichung (41.2) verwiesen: richtig ist Gleichung (40.4).

Seite 622 Hinter Gleichung (58.7) wird fälschlicherweise auf Gleichung (22.7) statt auf (58.7) verwiesen.

Seite 627 Im Absatz ›Da für die Kometen …‹ steht $e = 0$ statt richtigerweise $e = 1$.

Seite 659 Die Präfixe Ap- und Peri- wurden leider vertauscht: Ap- ist fern und Peri- ist nah.

Fehler in Abbildungen

Seite 550 Abb. 51-14 zeigt das Sternbild Kepheus.

Seite 550 Abb. 51-15 zeigt die Sternbilder Perseus und Kassiopeia.

Fehler in Gleichungen

Seite 134 Gleichung (14.16) ist nur im Perihel und Aphel gültig (korrigierte Fassung siehe hinten).

Seite 209 Gleichung (23.6) heißt richtig:

$$\sqrt{\frac{R^3}{G \cdot M}}$$

Seite 583 In Gleichung (55.27) muss die Quadratwurzel über den gesamten Ausdruck gezogen werden – und nicht nur über den Zähler.

Errata zur 4. Auflage "Astronomie in Theorie und Praxis", Seite 263:

Es scheint so, als seien alle Nova auch gleichzeitig Doppelsterne. In der Entwicklungsgeschichte eines Sterns kann ein Einzelstern nur durch normale Massenabgabe oder durch eine Supernovaexplosion sein Endstadium erreichen und ein Doppelstern zusätzlich noch durch eine Novaerscheinung, bei der nur die äußere Hülle des Sterns abgesprengt wird. Voraussetzung für eine Novaerscheinung ist, dass es sich um einen engen Doppelstern handelt (Binärsystem), wovon der eine Stern ein Hauptreihenstern mit wasserstoffreicher Atmosphäre ist, während der andere – die spätere Nova – ein Weißer Zwerg ist.

Der Hauptreihenstern überschreitet die Rochesche Fläche: Materie sammelt sich auf der Oberfläche des Weißen Zwergs und erhöht dort die Temperatur und den Druck der Atmosphäre[1]. Bei Erreichen einer kritischen Dichte zündet eine thermonukleare Wasserstoff-Fusion in den oberflächennahen Schichten: Dadurch wird die äußere Hülle abgestoßen und der Weiße Zwerg wird zur Nova. Hierbei bleibt der übrige Stern im Wesentlichen wie er war. Lediglich dehnt sich die äußere Haut als Hülle um ihn herum aus und ist zunächst optisch dick, also undurchsichtig. Durch die Oberflächenvergrößerung wird die Leuchtkraft enorm erhöht.

Die Temperatur der Hülle ist wie bei diffusen Gasnebeln etwa 10 000 K und unabhängig vom Zentralstern. Nach dem Stefan-Boltzmann-Gesetz wie in Gleichung (12.12) angegeben, ändert sich die Leuchtkraft proportional zur vierten Potenz der Temperatur. Da sich diese aber nur von 20 000 K auf 10 000 K reduziert, wird die Nova nur um den Faktor 16 dunkler, während der Radius aber auf das etwa 100fache zunimmt, wodurch die Helligkeit 10 000× ansteigt. Daraus ergibt sich ein effektiver Helligkeitsgewinn um einen 625×, entsprechend ca. 7 Größenklassen. Anschließend wird die Hülle allmählich optisch dünn. Hierbei können die verschiedensten Helligkeitsverläufe auftreten.

Die Abbildung 44-4 zeigt einige von ihnen. Da der Weiße Zwerg weiterhin Materie vom Begleiter akkretiert, kann sich das Schauspiel mehrfach wiederholen (wiederkehrende Novae). Der Hauptreihenstern wird später ebenfalls zum Weißen Zwerg.

---

1 SuW 33 (1994) Nr. 3, p.175

Gesamtenergie	große Halbachse	Exzentrizität	Kegelschnitt
< 0	> 0	< 1	Ellipse
0	$\pm\ \infty$	1	Parabel
> 0	< 0	> 1	Hyperbel
$-\frac{G^2 \cdot M^2 \cdot m^3}{2 \cdot L^2}$	$r > 0$	0	Kreis

Tabelle 14-2: Qualitative Zusammenhänge mathematischer Parameter bei Kegelschnitten

Die drei Keplerschen Gesetze lauten im Einzelnen:

1. Keplersche Gesetz

Die Planeten bewegen sich auf Ellipsenbahnen, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht.

Diese Aussage lässt sich aus dem Energieerhaltungssatz herleiten.

2. Keplersche Gesetz

Der von der Sonne zum Planeten gezogene Leitstrahl überstreicht in gleichen Zeiten gleiche Flächen.

Dieser Flächensatz ist mit dem Satz über die Erhaltung des Drehimpulses gleichzusetzen. Da die Länge des Leitstrahls zu verschiedenen Zeiten während des Umlaufes unterschiedlich ist, muss auch die längs der Bahn zurückgelegte Strecke unterschiedlich sein, also bei gleichen Zeiträumen unterschiedliche Bahngeschwindigkeiten. Der Planet ist in Sonnennähe schneller und in Sonnenferne langsamer. Dies ist auch verständlich, wenn man bedenkt, dass die Anziehungskraft im Perihel (Sonnennähe) größer ist als im Aphel und somit die nach außen wirkende Zentrifugalkraft auch entsprechend größer sein muss. Dies wird durch eine höhere Geschwindigkeit erreicht.

Eine hier nicht erläuterte, relativ einfache Ableitung ergibt für die Geschwindigkeit v (r) den folgenden Ausdruck:

$$v(r) = 29.78\ \frac{km}{s} \cdot \sqrt{\frac{2}{r} - \frac{1}{a}} \qquad (14.16)$$

wobei für den Grenzfall einer Kreisbahn (r = a) die folgende Gleichung herauskommt:

$$v_0 = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r}} = \frac{1\ AE}{1\ Jahr} \cdot \frac{2\pi}{\sqrt{r}} = 29.78\,\frac{km}{s} \cdot \frac{1}{\sqrt{r}} \qquad (14.17)$$

wobei a und r in AE anzugeben sind.

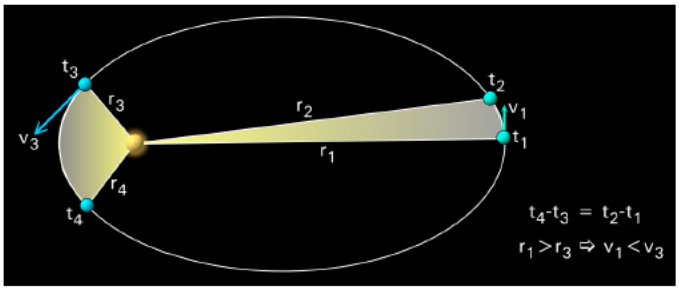


Abb. 14-3: Flächensatz von Kepler

Die nachstehende Tabelle 14-3 gibt die Geschwindigkeit der Erde und des Plutos wieder.

Planet	a	e		Perihel	Aphel	Halbachse	
Erde	1 AE	0.0167	v_0 =	30.03	29.53	29.78	km/s
			v_r =	30.28	29.29	29.78	km/s
Pluto	39.52 AE	0.249	v_0 =	5.47	4.24	4.74	km/s
			v_r =	6.11	3.67	4.74	km/s

Tabelle 14-3: Bahngeschwindigkeiten von der Erde und Pluto

Die in der Zeile v_0 gegebenen Werte sind die Kreisbahngeschwindigkeiten für den jeweiligen Abstand r.
Die in der Zeile v(r) gegebenen Werte sind die wirklichen Geschwindigkeiten in den Bahnpunkten.
Wie man erkennt, genügt es bei stark exzentrischen Bahnen wie beim Pluto nicht, im Perihel - zum Beispiel - die Geschwindigkeit als Kreisbahngeschwindigkeit auszurechnen.

Die Umlaufzeit von **Mars** beträgt U = 1.88 Jahre. Hieraus ergibt sich gemäß Gleichung (14.18) die große Halbachse a wie folgt:

$$U = 1.88, \quad U^2 = 3.5344, \quad a = \sqrt[3]{3.5344} = 1.523 \text{ AE}$$

Seit 1978 ist bekannt, dass →**Pluto** einen Mond (Charon) besitzt, dessen Umlaufzeit 6.387 Tage und dessen Abstand etwa 19 600 km beträgt.
Somit ergibt sich die Masse von Pluto und Charon aus Gleichung (14.20):
$M + m = a^3 / U^2$. Mit a = 0.000 131 AE und U = 0.0175 Jahre ergibt sich:
$a^3 = 2.25 \cdot 10^{-12}$, $U^2 = 3.06 \cdot 10^{-4}$, $M + m = 7.35 \cdot 10^{-9}\ M_\odot = 0.00245\ M_{Erde}$
Bei gleicher Dichte sollte Charon aufgrund des Durchmessers 14.4% der Plutomasse besitzen, sodass sich diese aus 0.00245/1.144 ergibt:
Masse Pluto: $0.00214\ M_{Erde} = 1/467\ M_{Erde}$
Masse Charon: $0.00031\ M_{Erde} \approx 1/3200\ M_{Erde} \approx 1/7\ M_{Pluto}$
Weitere Beobachtungen ergeben unterschiedliche Dichten für Pluto und Charon, sodass die genaueren Werte von diesem Rechenergebnis abweichen.

3. Keplersche Gesetz

Die Umlaufzeit und die große Halbachse verhalten sich wie folgt:

$$U^2 = a^3 \qquad (14.18)$$

wobei U in Jahren und a in AE anzugeben sind.

Wie anfangs schon erklärt, wurde dieses Gesetz später noch modifiziert, indem die Massen der beiden Körper berücksichtigt wurden: M = Sonnenmasse und m = Planetenmasse. Die allgemeine Version lautet:

$$U^2 = \frac{4\pi^2}{G \cdot (M + m)} \cdot a^3 \qquad (14.19)$$

wobei U in sec, a in m, die Massen in kg und G in MKS-Einheiten angegeben werden kann, aber nicht muss. Es können beliebige Einheiten gewählt werden bis auf die Einheit von G, die den jeweils anderen frei gewählten Einheiten angepasst sein muss. Der ›Zufall‹ will es, dass bei der Wahl von Jahren für U, von AE für a und von Sonnenmassen für M und m ($M_\odot = 1$), die Größe von G genau $4\pi^2$ ist, sodass bei Wahl dieser astronomischen Einheiten die Gleichung (14.19) einfacher wird:

$$U^2 = \frac{a^3}{M + m} \qquad (14.20)$$

wobei U in Jahren, a in AE und M, m in $M_\odot$ anzugeben sind.